



Università
degli Studi
di Ferrara

Dipartimento di Economia e Management

Corso di
Economia dell'Energia e dell'Ambiente

Fazioli –Lenza

Anno Accademico 2019-2020

PRESENTAZIONE

- **L'energia. Definizione**
- **Tipi, Forme e Fonti di energia**
- **La misura delle grandezze fisiche**
 - **Unità di misura dell'energia e della potenza**
 - **Conversione tra le unità di misura**
 - **Analisi ed evoluzione delle fonti di energia**

Spesso usiamo il termine “*energia*” per indicare la nostra attitudine o capacità ad attendere alle consuete attività giornaliere. Con questo termine indichiamo un’ *entità astratta* ma che simboleggia comunque un concetto “*primitivo*”

Prescindendo per ora dalla sua definizione è da precisare che

l'energia è una grandezza fisica

Vediamo allora cosa si intende per grandezza fisica

Grandezza fisica



Qualsiasi entità o proprietà di un corpo o di una sostanza o di un fenomeno che sia suscettibile di misura (ossia esprimibile con un numero e con la relativa unità di misura)

Sono grandezze fisiche ad es.

**Lunghezza, Tempo, Temperatura, Massa,
Velocità, Energia..... ecc.**

**Le grandezze fisiche possono essere di
due tipi:**

- **Vettoriali**
- **Scalari**

Le grandezze **vettoriali** sono quelle grandezze che per essere *ben definite* necessitano di tre elementi:

- **Intensità**
- **Direzione**
- **Verso**

La grandezza vettoriale si rappresenta con un *segmento orientato* (con un freccia )

- L' **intensità** (o **modulo**) rappresenta la misura della grandezza (rappresentata dalla lunghezza del segmento);
- La **direzione** è quella della retta su cui giace il segmento (vettore);
- Il **verso** è la punta della freccia.

Ovviamente il punto da cui parte il segmento (**vettore**) è l'**origine** ossia il punto di applicazione.

Sono grandezze vettoriali:

- **Spostamento**
- **Velocità**
- **Accelerazione**
- **Forza**

(modulo – direzione – verso)

Insomma queste grandezze sopra elencate sono compiutamente definite conoscendo i tre dati caratteristici

Operazioni sulle grandezze vettoriali

Prodotto scalare di due vettori

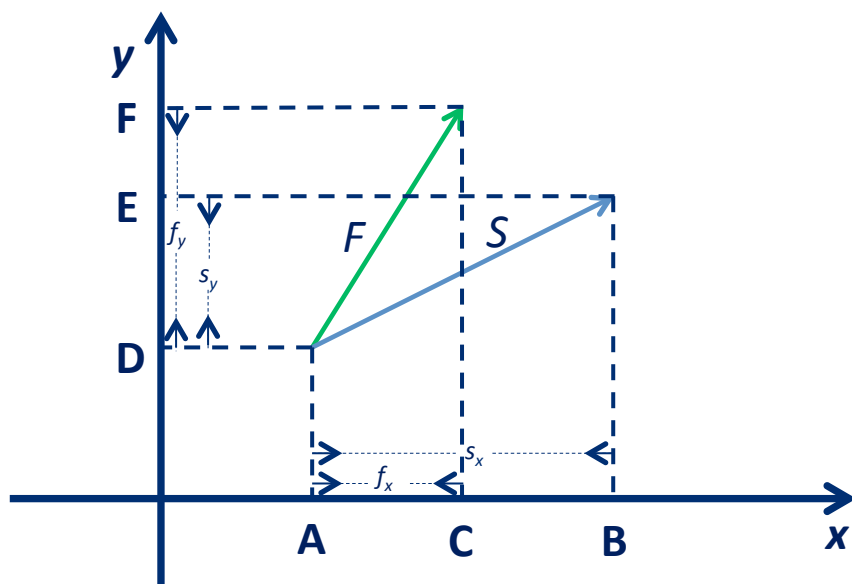
Il *prodotto scalare* di due vettori è un numero reale.

Dette $F_x - F_y - s_x - s_y$ le componenti di due vettori F, s in un piano cartesiano il prodotto scalare dei due vettori F ed s sarà

$$Ps = \langle F, s \rangle = (F_x s_x) + (F_y s_y)$$

Prodotto scalare di due vettori

Le figure riportate di seguito illustrano graficamente il significato di un prodotto scalare di due vettori



$$AB = s_x$$

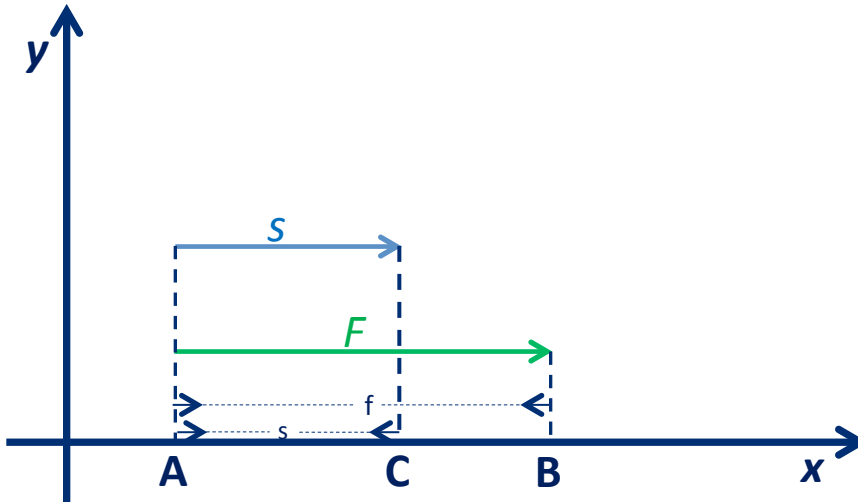
$$AC = f_x$$

$$DE = s_y$$

$$DF = f_y$$

$$\langle F, S \rangle = s_x f_x + s_y f_y \text{ (numero reale)}$$

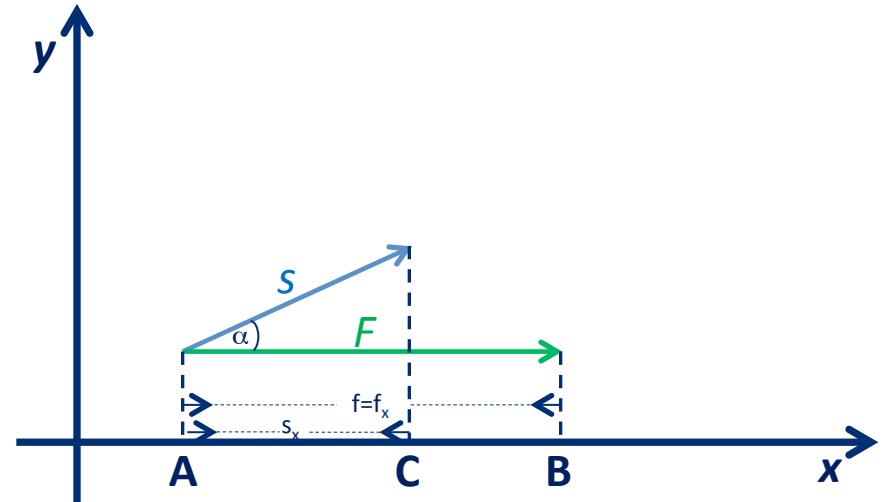
Prodotto scalare di due vettori



$$AB = f$$

$$AC = s$$

$$\bar{F} \times \bar{s} = f \cdot s$$



$$AB = f_x = f$$

$$AC = s_x = s \cos \alpha$$

$$(\bar{F} \times \bar{s}) = f \cdot s \cos \alpha$$

Le grandezze scalari sono grandezze compiutamente descritte soltanto da un **numero** il quale ne rappresenta il **valore**.

Per la definizione univoca di una grandezza scalare è quindi da indicare solo il suo **valore numerico** (intensità) associato all'unità di misura secondo cui esso è espresso.

Sono grandezze scalari ad esempio :

- **Tempo**
- **Temperatura**
 - **Lavoro**
 - **Energia**

Infatti per definire ad es. un intervallo di tempo basta indicare i minuti, i secondi, le ore e per la temperatura i gradi (Centigradi o Kelvin)

Vediamo ora la definizione di **energia**.

Si è detto che essa non rappresenta qualcosa di materiale o tangibile come può essere il “volume” di un corpo oppure la “densità” di una sostanza.

La definizione di **energia** dovrà essere quindi di tipo operativo e perciò la definiremo come:

“Attitudine di un corpo o sistema a compiere lavoro”

Per l'**energia** potremo quindi anche dare la seguente definizione:

“L'energia di un dato sistema (o di un corpo) è la quantità di lavoro che esso può compiere”.

LAVORO ed **ENERGIA** sono pertanto grandezze fisiche equivalenti e collegate sicché un sistema che possiede energia è in grado di produrre lavoro.

LAVORO ed **ENERGIA** sono grandezze fisiche equivalenti per cui un qualsiasi sistema che possiede energia, essendo in grado di produrre lavoro, è in grado di generare una **Forza “F”** la quale agendo su un corpo libero di muoversi ne provoca uno **Spostamento “s”** oppure, nel caso sia vincolato, una sollecitazione (deformazione).

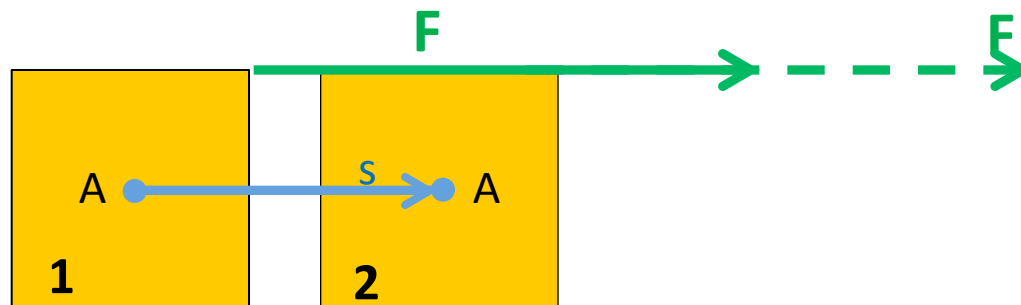
Il calcolo dell'energia equivale quindi al calcolo del lavoro che essa genera.

Poiché il lavoro “ $L \equiv E$ ” è equivalente all'effetto generato da un “forza F ” che provoca uno “spostamento s ” vediamo quale sia la relazione matematica che lo esprime.

Premettiamo che Forza e Spostamento sono grandezze vettoriali.

La formula che esprime il valore del Lavoro **L** è quindi data dal prodotto:

$$L = F \times S$$

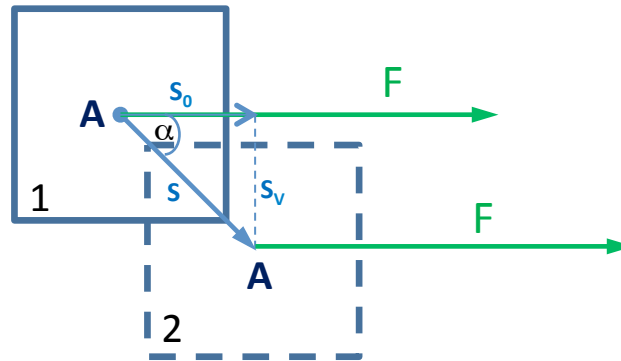


La formula riportata in precedenza evidenzia quindi che ai fini del calcolo del **Lavoro** interessa considerare solo lo spostamento “**s**” che avviene nella direzione della forza “**F**”.

Nel caso in cui Forza “**F**” e spostamento “**s**” abbiano direzioni diverse per il calcolo del Lavoro occorrerà allora considerare solo la componente utile dello spostamento nella direzione della forza.

Riferendoci alla figura di seguito riportata si ha che la componente dello spostamento nella direzione della Forza è:

$$s_0 = s \times \cos\alpha$$



e quindi il Lavoro sarà espresso dalla formula:

$$L = F \times s \times \cos\alpha$$

Esaminando la relazione:

$$L = F \times s \times \cos\alpha$$

conseguo che a seconda del valore dell'angolo “ α ” si hanno varie casistiche e cioè :

- ❑ $(L = 0)$ per $\alpha = 90^\circ$ (spostamento $\perp$ alla direzione di F)
- ❑ $(L = - F \times s)$ per $\alpha = 180^\circ$ (lavoro resistente)
- ❑ $(L = F \times s)$ per $\alpha = 0^\circ$ (lavoro motore = valore massimo)
- ❑ $(L = F \times s \times 0,5)$ per $\alpha = 60^\circ$ (lavoro motore = di valore proporzionale alla metà dello spostamento e cioè alla sola componente di esso nella direzione della forza)

Interpretiamo ora la relazione:

$$\mathbf{L} = \mathbf{F} \times \mathbf{s} \times \cos\alpha \quad (1)$$

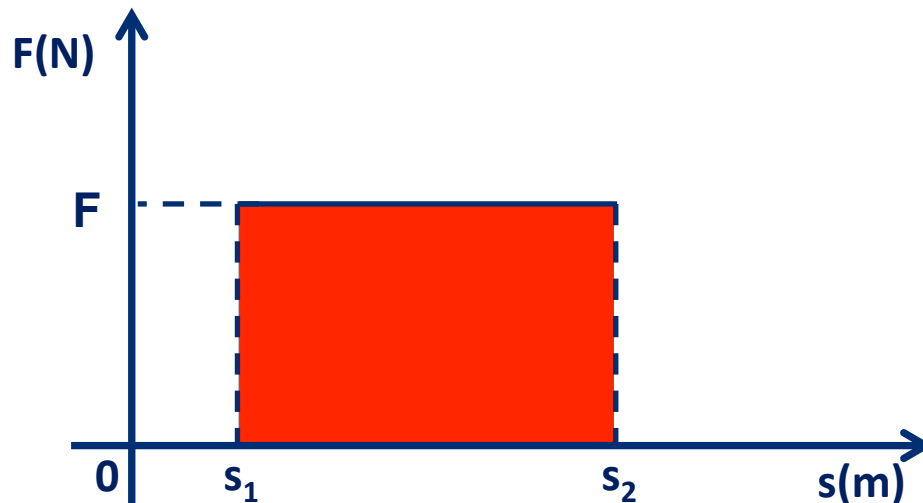
Si è visto che $(\mathbf{s} \times \cos\alpha)$ rappresenta la componente dello spostamento $\mathbf{s}$ nella direzione della forza $\mathbf{F}$. Osserviamo pure che la componente della Forza $\mathbf{F}$ lungo la sua direzione è pari a $\mathbf{F}$ sicché possiamo interpretare la formula (1) come prodotto delle componenti dei due vettori $\mathbf{F}$ ed $\mathbf{s}$ lungo la stessa direzione della forza.

Il prodotto delle componenti dei due vettori F ed s lungo la direzione della forza non è altro che il loro prodotto scalare sicché si conclude che :

**IL LAVORO E' UNA GRANDEZZA
SCALARE**

ossia è espresso (ossia caratterizzato) compiutamente solo da un numero che ne indica il valore, in funzione della data unità di misura.

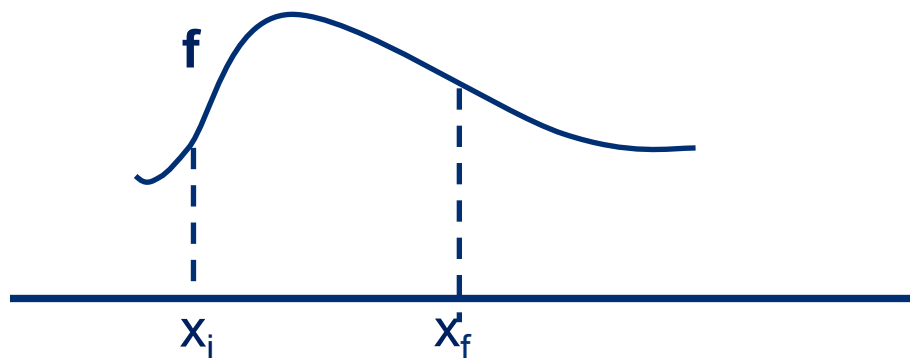
In un piano cartesiano che reca sulle ascisse i valori dello spostamento e sulle ordinate quelli della forza, il lavoro è graficamente individuato dall'area in rosso



$$L = F \cdot \Delta s$$

Abbiamo visto quale sia il valore del Lavoro **L** nel caso di Forza **F** e Spostamento **s** di valore costante.

Supponiamo invece che la forza **F** (rappresentata dalla curva “**f**”) sia di intensità variabile lungo una traiettoria rettilinea (spostamento) con inizio in “**x_i**” e fine in “**x_f**” come rappresentato in figura.



Immaginiamo di dividere lo spostamento $\mathbf{x}_f - \mathbf{x}_i$ in tanti spostamenti elementari $\Delta \mathbf{x}$ uguali tra loro lungo ognuno dei quali l'intensità della forza sia F_k di valore costante. Potremo allora scrivere che:

$$L = F_1 \Delta x_1 + F_2 \Delta x_2 + \dots + F_n \Delta x_n = \sum F_k \Delta x \quad (A)$$

Se aumentiamo fino all'infinito il numero degli spostamenti elementari con Δx che tende a zero la sommatoria equivarrà al limite e cioè sarà :

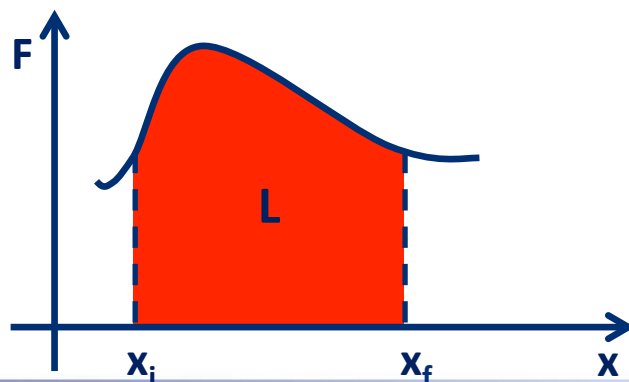
$$L = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \sum_{k=1}^n F_k \Delta x \quad (2)$$

Il **limite** indicato nella formula (2) non è altro poi che l'espressione seguente :

$$L = \int_{x_i}^{x_f} F(x) dx$$

la quale esprime il valore del lavoro di una forza di intensità variabile che agisce su un corpo che passa dalla posizione iniziale x_i alla posizione finale x_f .

In un piano cartesiano tale espressione è rappresentata dal seguente diagramma



L'area L in rosso
rappresenta il Lavoro

Consideriamo l'integrale

$$L = \int_{x_i}^{x_f} F(x) dx$$

Nel caso di una forza costante $F = \text{cost}$ il valore di tale integrale sarà :

$$L = F \int_{x_i}^{x_f} dx = F(x_i - x_f)$$

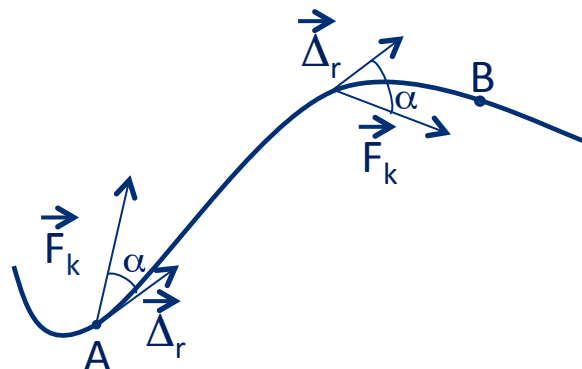
e cioè ritroviamo la formula semplificata del lavoro che abbiamo visto in precedenza.

Facciamo ora il caso più generale possibile
ossia quello di:

- una forza F_k variabile nello spazio e quindi scomponibile nelle tre componenti $F_x - F_y - F_z$
- uno spostamento Δr variabile nello spazio e quindi anch'esso scomponibile nelle tre componenti $dx - dy - dz$.

Avremo che il Lavoro elementare L sarà dato da:

$$L = F_k * \Delta r = F_x dx + F_y dy + F_z dz$$

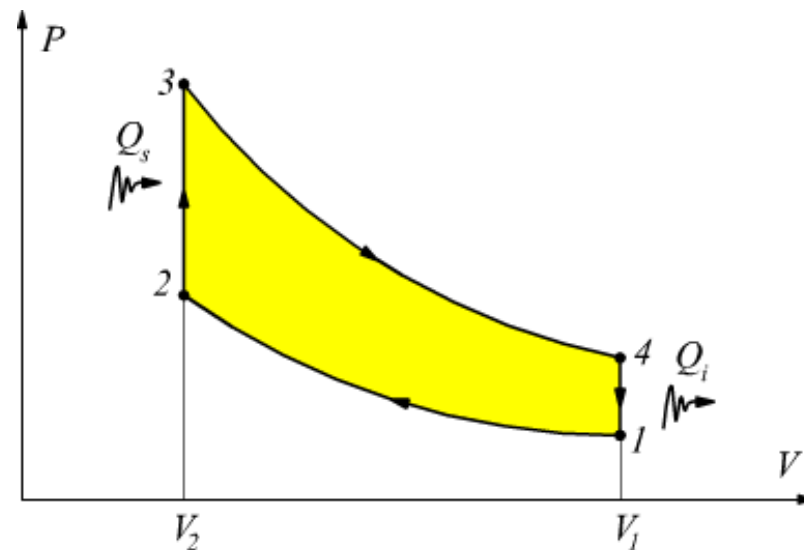


Nel caso più generale possibile, ossia quello di forza e spostamento variabili, considerato un dato spostamento dal punto A (iniziale) al punto B (finale) sarà :

$$L = \int_A^B F_k dr = \int_A^B (F_x dx + F_y dy + F_z dz) \quad (3)$$

La formula (3) rappresenta

l' INTEGRALE GENERALE DEL LAVORO



Il grafico rappresentato nella slide riproduce l'energia generata nel “Ciclo Otto” che è il classico ciclo “teorico” del motore a combustione interna a carburazione. L'area in giallo rappresenta l'energia prodotta dal motore.

Abbiamo visto che:

L'Energia è l'attitudine di un corpo o di un sistema a compiere lavoro.

Introduciamo ora un'altra grandezza fisica e cioè la:

POTENZA

Essa rappresenta l'energia E (o il lavoro L) che un corpo (o un sistema - che può essere ad es. un motore) compie (o trasferisce) in un dato intervallo di tempo. Sarà quindi per definizione :

$$**P = E/\Delta t = L/\Delta t**$$